

# 新疆南天山东段库兹山基性超基性岩 特征和成因探讨

李金阳<sup>1</sup> 杨经绥<sup>1</sup> 徐向珍<sup>1</sup> 郭国林<sup>2</sup>  
陈松永<sup>1</sup> 李天福<sup>1</sup> 任玉峰<sup>1</sup> 左国朝<sup>3</sup>

(1. 大陆构造及动力学国家重点实验室, 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. 东华理工大学, 江西 抚州 344000; 3. 甘肃省地质调查院, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:**新疆南天山东段库兹山基性超基性岩带, 前人缺乏研究, 但该带的岩石成因和形成地质背景对认识南天山的构造格架具有重要意义。该带中的主要岩石类型有单辉橄榄岩, 辉绿岩和辉长岩等。单辉橄榄岩的橄榄石为富镁型: Fo 为 93~96; 副矿物铬尖晶石属于高铬低镁型,  $Cr^{\#}(Cr/(Cr+Al)\times 100)$  值 78~99,  $Mg^{\#}(Mg/(Mg+Fe)\times 100)$  值 1.8~41.4, 属于造山带中的阿拉斯加型超基性岩类型。辉绿岩中辉石为普通辉石,  $Mg^{\#}(Mg/(Mg+Fe)\times 100)$  显示一个连续的从高到低的演化趋势, 反映了岩浆的分异作用; 长石为拉长石和中长石。辉长岩中辉石为普通辉石; 斜长石已经蚀变成钠长石, Ab 在 95 以上。辉绿岩和辉长岩  $K_2O$  含量均很高, 平均值分别为 0.75 和 0.85, 且 LILE 相对 HFSE 明显富集, 认为它们可能与单辉橄榄岩同属造山带中的侵入体, 形成在南天山的造山阶段。基性岩的同位素年代学指示该岩浆事件由石炭纪延续到二叠纪(331~286 Ma)。

**关键词:**超基性岩; 基性岩; 库兹山; 天山

**中图分类号:** P588.12<sup>+</sup>4~5; P597<sup>+</sup>.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-3657(2011)04-0890-19

## 1 前言

新疆北部显生宙以来经历了复杂的演化过程, 因此对新疆北部构造单元进行划分存在不同的观点。较多人的看法是, 新疆北部由三大板块所组成, 自北而南为西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块和塔里木板块<sup>[1]</sup>。天山是位于三大板块之间的造山带。该造山带经历了多期的构造变形以及岩浆活动, 并且发育不同时代的蛇绿岩带。与天山有关的蛇绿岩带已先后提出 4 条, 分别是: 北天山晚古生代巴音沟蛇绿岩、中天山北缘早古生代米什沟蛇绿混杂岩、中天山南缘早古生代长阿吾子蛇绿岩和南天山晚古生代色日克牙依拉克蛇绿岩<sup>[2]</sup>。

从板块构造的角度, 南天山为塔里木古陆的被

动大陆边缘, 与中天山之间的缝合带位于科克苏河—巴伦台—库米什一带, 大致与中天山南缘断裂构造带一致<sup>[3]</sup>。在南天山带内, 沿哈尔里克山山脊一线存在一个南天山中间地块, 其南北两侧各存在一条蛇绿岩带, 北边的一条称南天山北缘蛇绿岩带, 南边的一条称南天山蛇绿岩带<sup>[4]</sup>。

南天山北缘蛇绿岩带发育在昭苏县南的长阿吾子—乌瓦门(和静北)—拱拜子(库米什北)。往东的硫磺山、铜花山、榆树沟和库米什北部发育志留—泥盆纪蛇绿岩, 出露有 MORB 型蛇绿岩套的地幔橄榄岩、辉长岩、辉绿岩和玄武质熔岩以及深海相沉积物等<sup>[5-6]</sup>。也有人认为该蛇绿岩的构造环境为 E-MORB, 相当于弧后盆地或弧间盆地<sup>[7-8]</sup>。

南天山蛇绿岩带在西段沿哈尔克山主脊被称之

收稿日期: 2011-07-05; 改回日期: 2011-07-13

基金项目: 中国石化海相前瞻性项目(YPH08110)和国土资源部公益性行业科研项目(201011034)联合资助。

作者简介: 李金阳, 男, 1982 年生, 博士生, 研究方向为矿物学、火成岩岩石学; E-mail: ljj2815@126.com。

为米斯布拉克蛇绿岩,东段从额尔宾山北古洛沟至库米什,构成天山最南一条蛇绿岩带。其中,在库米什—干沟以东,阿拉塔格山东部,吐屋铜矿正南方,有一条宽数千米,长数十千米的超基性岩带。受地理位置和自然条件等限制,该超基性岩带研究程度较低。由新疆地质局区域地质测量大队完成的 1:20 万喀拉塔格幅地质图说明书<sup>①</sup>中,仅有简单描述,未见详细岩石学研究。因此,本文将该超基性岩带称之为库兹山超基性岩带,拟通过矿物学、地球化学和同位素年代学等研究,探讨带中基性超基性岩的主要特征和成因及其形成的地质构造背景。

## 2 区域地质背景

研究区位于新疆自治区东部,南天山最东端,哈密市西南方向约 180 km 处的阿拉塔格山东南(图 1),该区有一条超基性岩带呈近东西向断续出露,全长 60 余千米,带内有大小岩体 80 余个,该带属卡瓦布拉克群超基性岩带的东沿部分。库兹山超基性岩属其中较大的岩体。

库兹山超基性岩带走向与卡瓦布拉克深断裂相同,呈近东西向,由于深断裂的长期活动在北侧产生了一系列与深断裂斜交的羽毛状断裂走向。区内岩

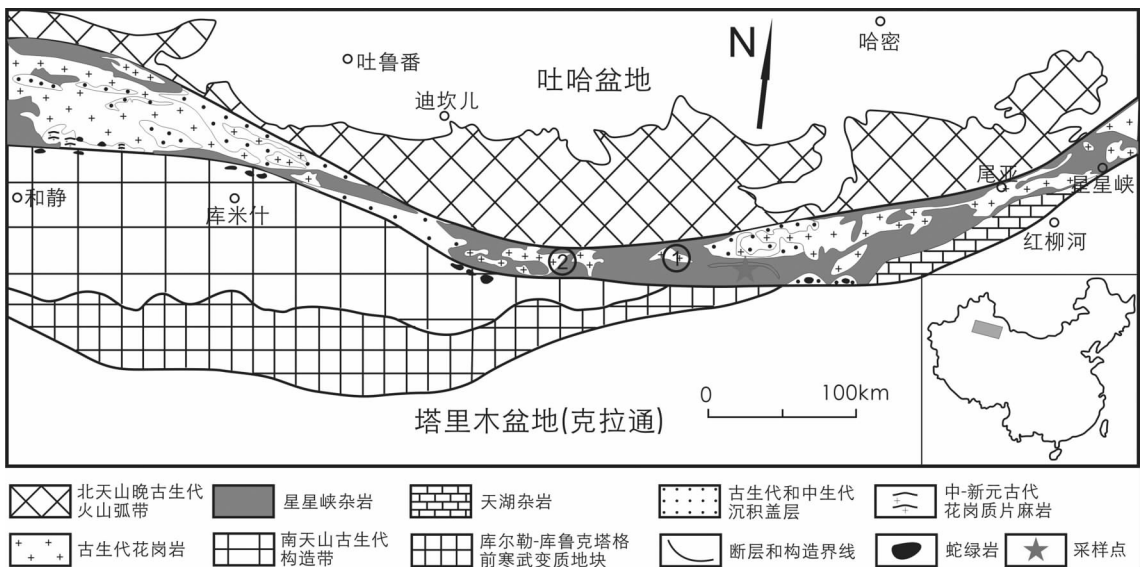
体规模均不大,宽度数十米至 100~200 m,多呈透镜状和岩墙状,沿走向断续出露。基性超基性岩均已强烈风化,仅在少数几个岩体可以根据颜色、残留矿物以及结构等划分出橄榄岩类,辉长岩或辉绿岩等岩石(图 2)。岩体与周边地层接触关系不清楚,均被后期断裂和风化作用破坏。

## 3 岩相学和矿物学特征

### 3.1 超基性岩

库兹山超基性岩为暗绿色,镜下观测到的橄榄岩呈破碎斑杂状构造(图 3-A)。岩石主要由蛇纹石(约 85%),呈辉石假象的滑石或绢石(<10%),少量残余橄榄石(约 2%)和铬尖晶石(<1%)所组成。蛇纹石呈纤维状集合体,由于蚀变严重,仅在样品编号为 07y-1274、07y-1285 的橄榄岩中找到残余橄榄石,呈卵斑状,粒径为 0.02~0.1 mm。没有发现新鲜辉石的存在。

2 个超基性岩样品的 16 个电子探针分析数据(表 1)显示出橄榄石具有较小的成分变化区间:SiO<sub>2</sub> 含量为 40.29%~42.96%,MgO 含量 48.60%~53.17%,含一定量的 NiO (0.27%~0.56%) 和 MnO (0.06%~0.45%)。橄榄石 Fo 值为 93~96,平均值为 94



①—阿拉塔格山,②—卡瓦布拉克群,采样点经纬度:E92°40'21",N41°27'49"

图 1 南天山及中天山东段地质简图<sup>④</sup>

Fig. 1 Geological sketch map of the eastern margin of Southern and Middle Tianshan (modified after Liu et al., 2004)

<sup>①</sup>新疆地质局区域地质测量大队. 1:200000 喀拉塔格幅地质图说明书,1972:1-53.



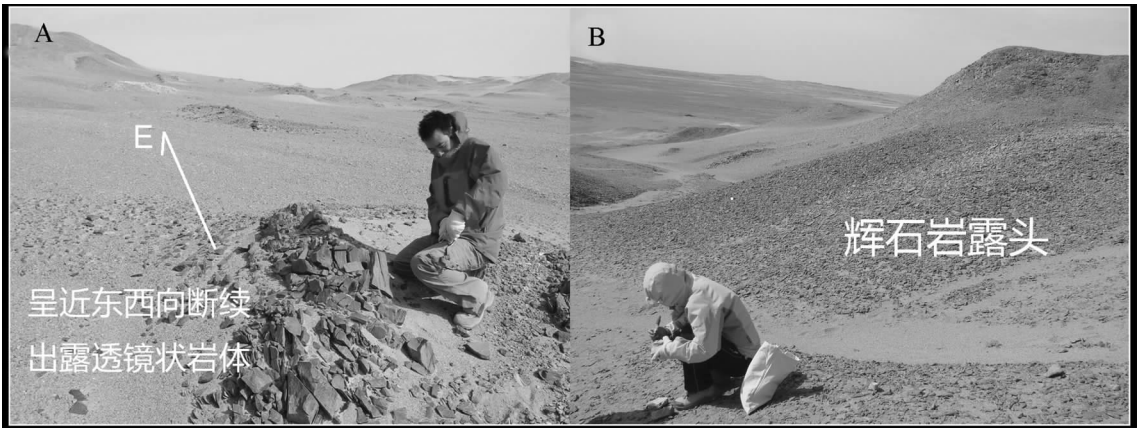
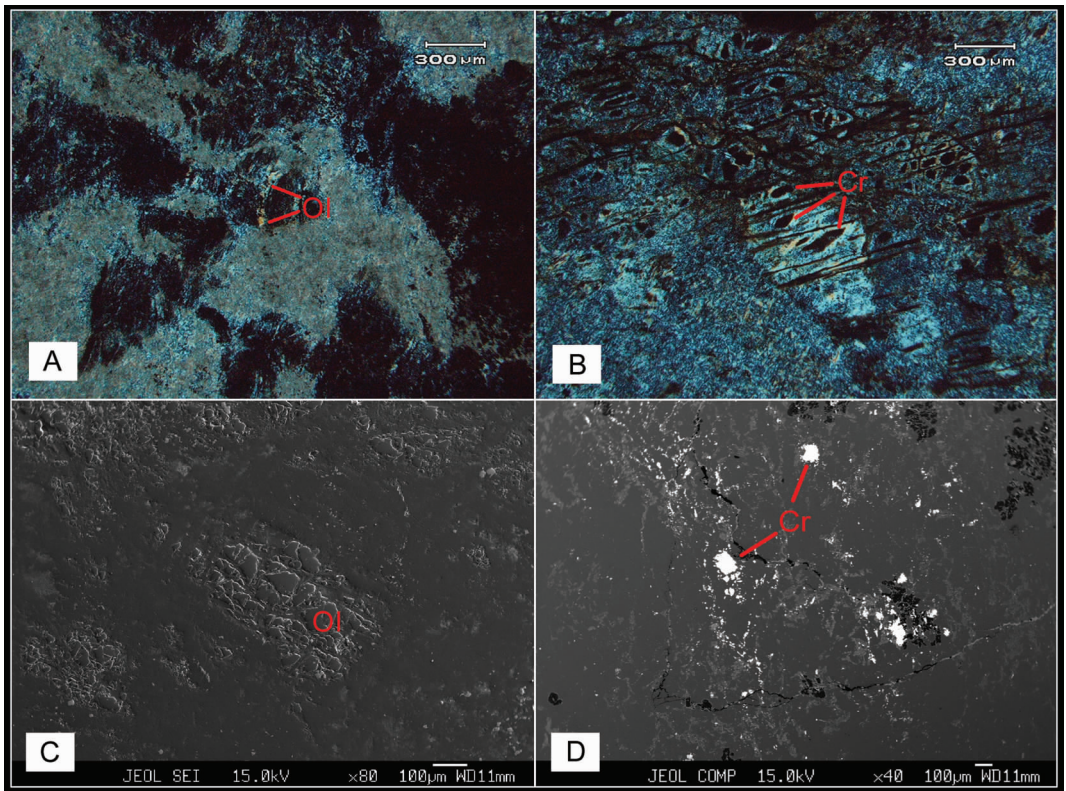


图2 库兹山基性超基性岩野外露头  
Fig.2 Outcrops of ultrabasic rocks in the Kuzi Mountain



A,B——显微镜下照片(正交偏光);C,D——电子探针下照片(C为二次电子,D为复合成像),Ol—橄榄石;Cr—铬尖晶石

图3 新疆南天山库兹山超基性岩 07y-1285 显微镜下和电子探针下照片  
Fig.3 Photomicrographs of ultrabasic rocks in Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang

(图4), 明显高于蛇绿岩地幔橄辉岩的 Fo 值 (90~92)<sup>[10]</sup>, 与阿拉斯加南部 Salt Chuck 岩体的单辉橄岩中的橄榄石成分 (Fo 平均值为 95) 可以对比<sup>[11-12]</sup>。

库兹山超基性岩中, 铬尖晶石颗粒均不大, 一般在 0.1mm 左右, 绝大多数呈他形, 港湾状或者骸晶

状, 或者被包裹在斜方辉石假象中(图3-B)。电子探针测得 8 个样品 46 个铬尖晶石的成分分析 (表2), 其 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量主要在 53.70%~62.38%, FeO 含量较高, 平均值为 27.9%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量比较低, 平均值为 8.6%。个别为磁铁矿化造成铬铁矿中 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 高达

表 1 新疆南天山库兹山超基性岩中橄榄石电子探针数据 (%)

Table 1 Electron microprobe analyses of olivine in ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain in Southern Tianshan, Xinjiang (%)

样品号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	NiO	Total	Fo
07Y-1274	42.96	0.00	0.02	0.02	3.66	0.06	52.96	0.01	0.00	0.00	0.32	100.01	96.3
07Y-1274	40.29	0.02	0.01	0.03	5.02	0.26	52.47	0.01	0.02	0.00	0.27	98.41	94.9
07Y-1274	42.75	0.00	0.01	0.00	4.18	0.17	53.17	0.00	0.00	0.00	0.32	100.59	95.8
07Y-1274	42.92	0.00	0.00	0.01	5.41	0.45	51.21	0.00	0.00	0.00	0.31	100.33	94.4
07Y-1274	42.56	0.00	0.00	0.02	5.30	0.43	51.50	0.01	0.00	0.01	0.42	100.26	94.5
07Y-1285	42.28	0.01	0.00	0.03	6.07	0.11	51.62	0.00	0.00	0.00	0.40	100.58	93.8
07Y-1285	40.68	0.00	0.00	0.02	5.97	0.13	52.11	0.01	0.00	0.02	0.35	99.33	94.0
07Y-1285	42.21	0.01	0.03	0.00	5.94	0.15	51.70	0.00	0.00	0.00	0.36	100.39	93.9
07Y-1285	42.57	0.00	0.04	0.04	6.36	0.30	48.60	0.03	0.01	0.02	0.40	98.35	93.2
07Y-1285	40.91	0.05	0.00	0.00	6.08	0.14	52.09	0.00	0.00	0.02	0.56	99.85	93.9
07Y-1285	42.30	0.00	0.00	0.02	6.57	0.23	51.10	0.01	0.02	0.02	0.37	100.66	93.3
07Y-1285	42.18	0.00	0.00	0.02	6.55	0.19	50.76	0.00	0.03	0.01	0.30	100.06	93.3
07Y-1285	42.18	0.00	0.00	0.01	6.78	0.20	51.25	0.01	0.01	0.01	0.31	100.80	93.1
07Y-1285	42.48	0.02	0.00	0.03	6.25	0.15	51.54	0.00	0.00	0.00	0.50	100.98	93.6
07Y-1285	42.30	0.05	0.00	0.00	6.09	0.15	51.52	0.01	0.00	0.01	0.36	100.47	93.8
07Y-1285	42.43	0.00	0.00	0.00	5.63	0.22	51.91	0.00	0.02	0.00	0.36	100.56	94.3

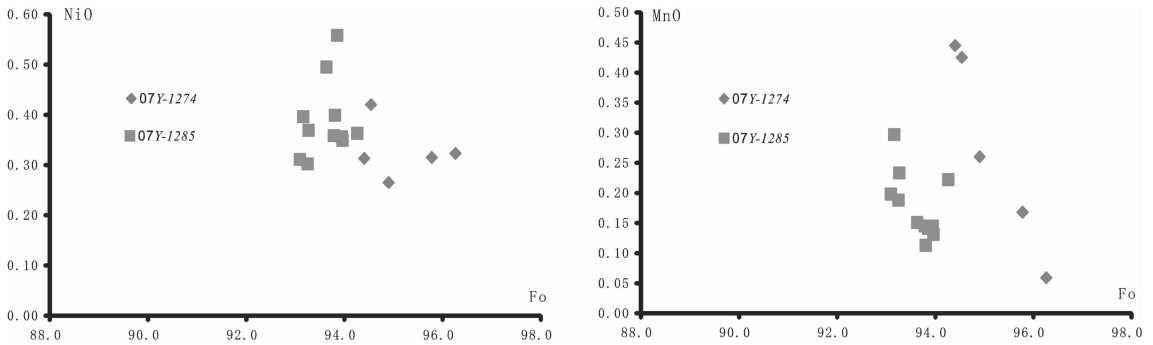


图 4 新疆南天山库兹山超基性岩橄榄石 Fo 图解

Fig.4 Compositional diagrams of olivine in ultrabasic rocks from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang

60%,而 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量降到 30%左右。此外,铬铁矿中普遍含一定量的 MnO(0.41%~3.41%),平均 1.39%。

库兹山超基性岩的铬尖晶石在的 Mg<sup>#</sup>-Cr<sup>#</sup> 图解投影中(图 5),绝大部分样点落在造山带阿拉斯加型范围内,而与代表了来自各类蛇绿岩的铬尖晶石范围无关。由于阿拉斯加型侵入体是堆晶岩,所以不同岩层之间岩石化学的变化趋势与硅酸盐的 Mg<sup>#</sup> 值的变化密切相关<sup>[13]</sup>。研究和实验表明,铬尖晶石的 Cr<sup>#</sup> 随着地幔岩部分熔融程度的增高而增大<sup>[14]</sup>。不同亏损程度的地幔橄榄岩中铬尖晶石的 Cr<sup>#</sup> 大小作为

推测地幔岩熔融程度、源区亏损程度和结晶压力的灵敏指示标志<sup>[14]</sup>。

### 3.2 辉绿岩

库兹山辉绿岩经蚀变和风化,表面呈暗绿色,岩石中仍保留有典型的辉绿结构(图 6)。显微镜下可以区分出暗色矿物以辉石为主,但大部分辉石已经蚀变成闪石类和云母类蚀变矿物,仅保留少量新鲜辉石。浅色矿物为斜长石,多为自形、半自形,部分已黝帘石化和绢云母化(图 6)。

6 块样品中 42 个单斜辉石的探针数据(表 3)显

表 2 新疆南天山库兹山超基性岩铬尖晶石电子探针数据 (%)  
 Table 2 Electron microprobe analyses of chrome spinel in ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (%)

样品号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total
07Y-1259	0.03	0.01	6.51	55.33	36.08	2.48	1.01	0.00	0.06	0.00	101.55
07Y-1259	0.00	0.00	7.17	58.72	30.93	2.48	1.08	0.00	0.15	0.00	100.54
07Y-1259	0.02	0.01	9.40	58.31	30.26	1.77	1.74	0.01	0.07	0.01	101.63
07Y-1259	0.02	0.04	6.91	57.83	31.51	2.72	1.21	0.00	0.15	0.00	100.39
07Y-1274	0.00	0.03	10.67	58.21	24.10	1.81	6.03	0.00	0.06	0.00	100.94
07Y-1274	0.24	0.00	9.75	59.88	22.70	1.05	7.87	0.00	0.04	0.02	101.60
07Y-1274	0.01	0.03	9.99	61.07	21.51	0.53	8.28	0.00	0.00	0.00	101.44
07Y-1274	0.00	0.01	6.36	55.81	31.76	2.67	4.46	0.00	0.11	0.00	101.22
07Y-1274	0.01	0.00	12.14	56.15	23.72	1.61	6.79	0.00	0.09	0.00	100.54
07Y-1281	0.00	0.02	11.28	57.24	26.73	0.58	5.65	0.03	0.06	0.00	101.62
07Y-1285	0.02	0.00	8.38	53.33	30.64	1.86	5.32	0.01	0.07	0.00	99.61
07Y-1285	0.01	0.00	12.43	57.48	22.41	1.37	7.53	0.00	0.10	0.01	101.36
07y-1286	0.02	0.05	11.34	59.26	21.58	0.68	7.74	0.00	0.06	0.00	100.72
07y-1288	0.00	0.00	11.24	58.86	21.17	1.56	7.37	0.00	0.01	0.01	100.22
07y-1288	0.81	0.05	8.75	53.70	26.39	3.41	5.53	0.00	0.05	0.01	98.69
07y-1288	0.03	0.01	11.18	57.61	22.67	2.36	6.24	0.01	0.08	0.00	100.19
07y-1288	0.04	0.03	9.90	57.92	24.15	3.39	4.91	0.00	0.12	0.00	100.46
07Y-1339	0.04	0.00	8.67	59.66	25.15	0.55	6.42	0.00	0.03	0.01	100.59
07Y-1339	0.00	0.05	8.97	61.39	23.94	0.44	7.11	0.00	0.00	0.01	101.93
07Y-1339	0.08	0.04	8.61	59.48	27.92	0.77	3.94	0.01	0.08	0.00	100.90
07Y-1339	0.01	0.02	8.31	61.70	24.04	0.41	6.84	0.00	0.01	0.01	101.39
07Y-1339	0.00	0.09	8.74	61.03	24.49	0.39	6.99	0.01	0.03	0.01	101.78
07Y-1339	0.00	0.00	0.27	34.09	62.28	0.57	0.73	0.00	0.03	0.00	98.10
07Y-1339	0.03	0.01	8.42	61.55	23.93	0.41	6.95	0.00	0.00	0.03	101.37
07Y-1339	0.01	0.02	5.97	57.15	34.00	0.87	1.82	0.01	0.10	0.00	100.00
07Y-1339	0.02	0.07	8.50	61.76	24.25	0.45	6.82	0.01	0.00	0.02	101.94
07Y-1339	0.03	0.00	10.04	58.28	27.03	0.70	4.58	0.00	0.00	0.00	100.66
07Y-1341	0.02	0.05	10.48	58.62	24.94	1.34	5.91	0.00	0.06	0.01	101.43
07Y-1341	0.03	0.10	10.78	59.50	22.15	0.77	7.70	0.00	0.09	0.01	101.21
07Y-1341	0.03	0.07	11.02	60.24	21.46	0.70	8.10	0.02	0.17	0.00	101.81
07Y-1341	0.02	0.03	10.71	60.12	21.86	0.75	7.99	0.01	0.00	0.01	101.54
07Y-1341	0.61	0.00	10.46	55.89	27.18	1.75	4.15	0.00	0.29	0.02	100.43
07Y-1341	0.01	0.02	10.68	59.85	22.40	0.79	7.71	0.00	0.04	0.02	101.52
07Y-1341	0.00	0.06	10.91	59.14	22.37	0.79	7.79	0.01	0.06	0.00	101.13
07Y-1341	0.01	0.05	10.60	59.48	22.33	0.94	7.88	0.00	0.12	0.00	101.49
07Y-1341	0.01	0.05	11.14	59.23	21.44	0.81	8.32	0.01	0.15	0.00	101.17
07Y-1341	0.03	0.05	10.74	59.08	23.10	1.01	7.23	0.00	0.11	0.01	101.39
07Y-1341	0.01	0.05	10.68	59.25	23.73	1.07	6.82	0.01	0.09	0.00	101.72
07Y-1343	0.00	0.06	6.37	60.55	28.97	2.14	2.68	0.00	0.11	0.00	100.88
07Y-1343	0.00	0.06	6.79	60.88	28.89	2.08	2.52	0.00	0.09	0.00	101.37
07Y-1343	0.04	0.05	6.40	59.26	29.96	2.24	1.76	0.00	0.19	0.00	99.92
07Y-1343	0.07	0.04	6.15	58.45	30.74	2.33	1.71	0.00	0.12	0.00	99.60
07Y-1343	0.06	0.00	6.91	62.38	26.43	1.05	5.10	0.00	0.07	0.00	101.99
07Y-1343	0.03	0.00	0.42	36.36	58.68	2.01	0.61	0.00	0.06	0.00	98.37
07Y-1343	0.68	0.00	1.52	37.61	55.63	1.67	0.99	0.00	0.00	0.00	98.08
07Y-1343	0.02	0.04	6.62	61.31	28.51	1.86	3.04	0.01	0.03	0.00	101.44
07Y-1343	0.01	0.00	6.85	61.82	26.43	1.26	4.33	0.00	0.01	0.00	100.70



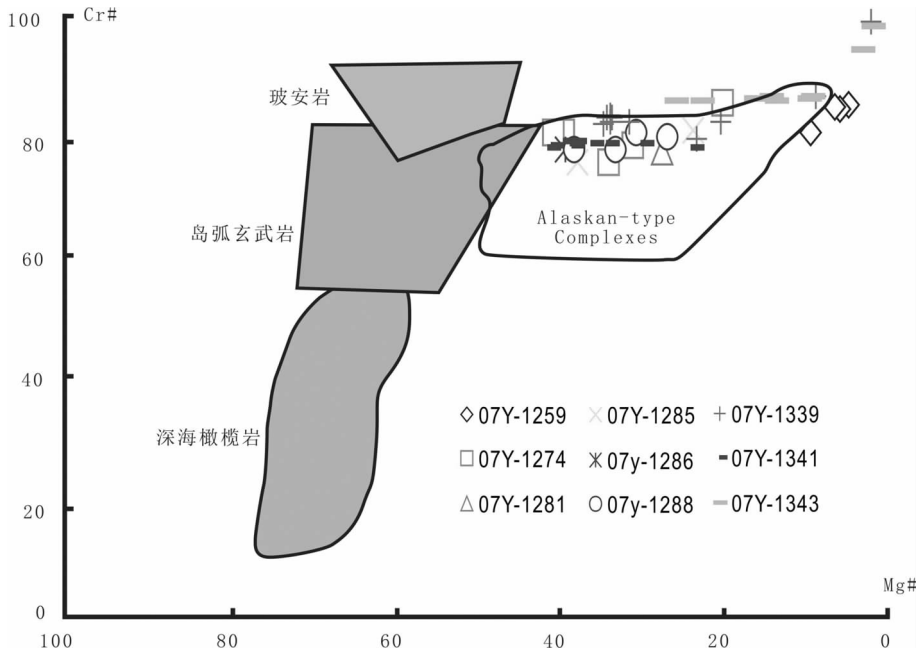
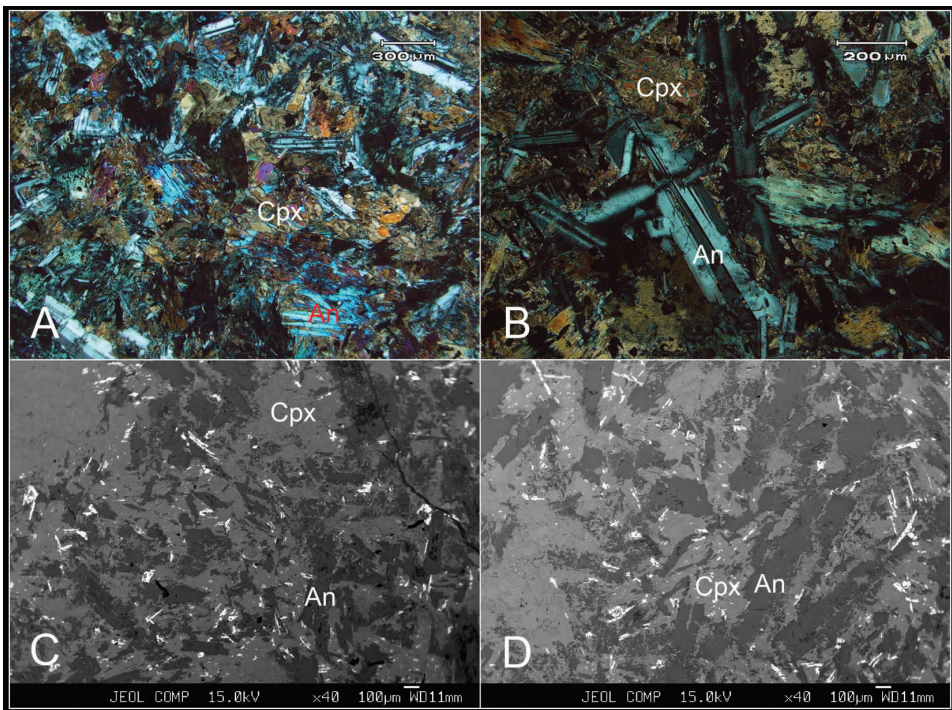


图 5 新疆南天山库兹山超基性岩带铬尖晶石 Mg<sup>#</sup>-Cr<sup>#</sup> 图解(玻安岩、岛弧玄武岩和深海橄辉岩图示来自 Dick and Bullen, 1984<sup>[14]</sup>; Alaskan-type Complexes 图示来自 Jan and Windley, 1990<sup>[15]</sup>)  
 Fig.5 Mg<sup>#</sup>-Cr<sup>#</sup> diagrams of chrome spinel in ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (bininite, IAT and abyssal peridotites diagrams after Dick and Bullen, 1984; Alaskan-type complexes diagrams after Jan and Windley, 1990)  
 (Mg<sup>#</sup>=100 \* MgO/(MgO+FeO), Cr<sup>#</sup>=100 \* Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/( Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>))



A,B——镜下正交偏光照片(B图中为辉绿结构);C,D——电子探针照片(复合成像)Cpx——单斜辉石;An——斜长石

图 6 新疆南天山库兹山超基性岩带中辉绿岩 07y-1308、07y-1311 显微镜下和电子探针下照片  
 Fig.6 Photomicrographs of diabase in ultrabasic rocks from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang

表 3 新疆南天山库兹山超基性岩带辉绿岩中单斜辉石电子探针数据 (%)

Table 3 Electron microprobe analyses of clinopyroxene in diabase of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (%)

样品号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total	Mg <sup>#</sup>
07Y-1297	49.64	0.11	7.20	0.14	15.15	0.20	13.58	11.43	0.72	0.17	98.35	61.5
07Y-1297	52.62	0.31	5.03	0.00	13.62	0.29	15.31	11.29	0.68	0.11	99.26	66.7
07Y-1297	48.23	0.49	8.70	0.07	16.21	0.21	12.16	11.77	1.08	0.22	99.17	57.2
07Y-1297	52.60	0.41	4.69	0.03	13.59	0.25	14.75	12.10	0.60	0.09	99.22	65.9
07Y-1297	49.05	0.40	8.33	0.00	15.35	0.21	12.63	11.94	1.01	0.17	99.09	59.5
07Y-1297	52.40	0.32	4.64	0.03	13.98	0.25	14.50	12.08	0.64	0.10	98.93	64.9
07Y-1301	47.38	0.34	9.09	0.00	16.13	0.18	11.81	12.16	1.33	0.26	98.79	56.6
07Y-1301	54.43	0.13	3.07	0.11	11.81	0.27	16.18	12.26	0.39	0.07	98.76	71.0
07Y-1301	52.76	0.24	4.69	0.07	12.98	0.27	14.67	12.07	0.64	0.11	98.51	66.8
07Y-1301	53.09	0.17	4.59	0.10	11.82	0.26	15.59	12.18	0.64	0.06	98.54	70.2
07Y-1301	47.34	0.27	9.18	1.04	15.00	0.23	11.52	12.44	0.80	0.31	98.14	57.8
07Y-1301	51.82	0.11	5.93	0.23	13.09	0.16	13.75	12.61	0.56	0.16	98.47	65.2
07Y-1305	49.74	0.44	7.99	0.03	14.41	0.26	12.98	11.98	0.99	0.17	98.98	61.6
07Y-1305	53.68	0.12	3.04	0.04	15.44	0.24	13.77	12.25	0.41	0.06	99.13	61.4
07Y-1308	46.48	0.56	9.90	0.19	17.16	0.23	10.74	11.62	1.36	0.29	98.60	52.8
07Y-1308	53.06	0.11	4.34	0.01	13.29	0.21	14.88	11.81	0.53	0.13	98.37	66.6
07Y-1308	48.91	0.32	8.55	0.11	15.40	0.22	12.38	11.87	1.16	0.26	99.19	58.9
07Y-1308	54.41	0.14	2.94	0.00	12.14	0.20	15.93	12.04	0.44	0.08	98.36	70.1
07Y-1308	52.49	1.27	3.48	0.00	13.22	0.30	15.29	11.63	0.46	0.09	98.24	67.3
07Y-1308	46.56	0.38	9.95	0.06	15.05	0.20	11.83	12.59	1.21	0.20	98.02	58.3
07Y-1308	44.51	0.50	12.25	0.04	16.77	0.17	10.04	11.92	1.56	0.31	98.07	51.6
07Y-1308	46.54	0.56	10.34	0.22	16.05	0.16	10.60	12.22	1.11	0.28	98.08	54.1
07Y-1308	52.45	0.27	8.33	0.02	11.54	0.22	12.13	10.85	1.90	0.47	98.17	65.2
07Y-1309	54.40	0.10	2.85	0.07	12.01	0.23	16.36	11.98	0.48	0.08	98.59	70.8
07Y-1309	48.16	0.23	8.96	0.09	16.70	0.26	11.47	12.09	0.86	0.27	99.19	55.0
07Y-1309	48.16	0.24	9.68	0.10	16.62	0.21	11.44	11.91	1.03	0.22	99.63	55.1
07Y-1309	50.43	0.52	6.55	0.05	14.73	0.25	13.56	11.92	0.88	0.15	99.12	62.1
07Y-1309	51.49	0.25	5.68	0.00	13.96	0.19	14.35	11.78	0.76	0.11	98.59	64.7
07Y-1309	51.21	0.16	6.22	0.04	13.75	0.21	14.93	11.05	0.81	0.15	98.56	65.9
07Y-1309	53.22	0.16	4.48	0.03	12.97	0.23	15.42	11.84	0.62	0.10	99.15	67.9
07Y-1309	52.19	0.14	5.33	0.01	13.96	0.23	14.62	12.15	0.70	0.16	99.49	65.1
07Y-1309	50.37	0.11	6.77	0.00	14.17	0.19	13.54	12.04	0.91	0.20	98.31	63.0
07Y-1309	52.63	0.18	5.03	0.04	12.50	0.24	15.59	10.80	0.88	0.17	98.04	69.0
07Y-1309	52.22	0.32	5.62	0.00	14.17	0.25	14.20	11.78	0.88	0.12	99.57	64.1
07Y-1309	52.68	0.26	4.84	0.01	12.69	0.22	15.05	11.95	0.74	0.11	98.58	67.9
07Y-1311	51.41	0.22	5.82	0.08	13.82	0.28	13.84	12.09	0.70	0.13	98.40	64.1
07Y-1311	49.46	0.20	7.17	0.17	15.03	0.20	12.47	12.26	0.87	0.21	98.06	59.7
07Y-1311	50.85	0.28	6.79	0.03	13.35	0.25	13.87	11.69	0.86	0.12	98.07	64.9
07Y-1311	51.10	0.37	6.15	0.09	13.64	0.24	13.82	11.76	0.80	0.13	98.10	64.4
07Y-1311	49.72	0.45	7.87	0.00	14.37	0.25	12.60	12.02	1.01	0.11	98.40	61.0
07Y-1311	47.61	1.16	8.48	0.09	14.77	0.22	13.23	11.41	1.06	0.18	98.20	61.5
07Y-1311	52.27	0.31	6.33	0.00	14.44	0.25	12.58	12.17	0.77	0.13	99.24	60.8

示:  $\text{SiO}_2$  含量 44.51%~54.43%,  $\text{MgO}$  含量 10.04%~16.36%,  $\text{FeO}$  含量 11.54%~17.16%,  $\text{CaO}$  含量 10.80%~12.59%,  $\text{Na}_2\text{O}$  含量 0.39%~1.56%。单斜辉石的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量有较大变化,为 2.85%~12.25%,含  $\text{TiO}_2$  0.11%~1.27%,少数含少量  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,达 0.23%, $\text{K}_2\text{O}$  含量 0.06%~0.47%, $W_o=26\sim31$ , $En=39\sim52$ , $Fs=21\sim34$ ,表明单斜辉石为含铁高的普通辉石。

从图 7 可以看出,单斜辉石的 Al 含量虽然有差异,但是一个连续的变化过程,随着  $Mg^\#$  值的变大,Al 含量递减;而单斜辉石的 Cr 含量稳定在 0.20 以下。辉绿岩的  $Mg^\#$  值显示一个连续的,从高到低的演化趋势,反映了原始岩浆的分异结晶作用。

本研究共分析了 5 个样品 42 个斜长石(表 4),特点如下: $\text{SiO}_2$  含量 50.65%~58.70%, $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量 25.00%~30.41%, $\text{CaO}$  含量 6.67%~13.77%, $\text{Na}_2\text{O}$  含量 3.68%~7.89%, $\text{K}_2\text{O}$  含量 0.02%~2.38%,斜长石的长石排号如图 8, $An=34.8\sim67.1$ ,为拉长石和中长石。

### 3.3 辉长岩

库兹山辉长岩表面为暗灰色,块状构造。镜下观测岩石为变晶结构,主要由蚀变矿物钠长石和角闪石等组成,仅个别样品中保留少量单斜辉石。角闪石大部分为短柱状,宽 0.1~0.5 mm,长 0.5~1.0 mm,主要由辉石变质而来,斜长石大小和角闪石相当,部分斜长石已经黝帘石化和绢云母化。由于强烈蚀变,仅在样品 07Y-1353 中发现了新鲜的单斜辉石和斜长石颗粒,测得 2 粒单斜辉石、20 粒斜长石的电子探针数据(表 5~6)。

电子探针分析数据表明(表 6),单斜辉石的成分  $W_o=27\sim28$ , $En=47$ , $Fs=25$ ,为高铁普通辉石。长石 Ab 稳定在 95 以上,为高钠长石,均为蚀变产物。

## 4 岩石地球化学特征

本研究做了 15 件(超基性岩 7 件、辉绿岩 6 件、辉长岩 2 件)岩石样品的主量元素、稀土元素和微量元素的全分析,由国土资源部国家地质测试中心完成。主量元素用 X 荧光光谱方法,误差小于 0.5%;微量元素、稀土元素和铂族元素用 ICP-MS (TJA-ExCell)分析,当元素含量大于  $1\times 10^{-6}$  时,分析误差为 1%~5%,当元素含量小于  $1\times 10^{-6}$  时,分析误差为 5%~10%。其分析结果见表 7。

### 4.1 超基性岩

库兹山超基性岩的烧失量普遍在 10%~11%,与

岩石已经强烈蛇纹石化的特征一致。经去挥发分后标准化, $\text{SiO}_2$  含量为 45.26%~50.93%, $\text{MgO}$  含量变化于 40.71%~44.38%, $\text{Cr}_2\text{O}_3$  含量 0.30%~0.56%, $\text{NiO}$  含量 0.20%~0.30%。根据岩石成分,定名为单辉橄榄岩,但低的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (0.3%~0.6%)和  $\text{CaO}$  (0.1%~0.2%)含量,表明岩石中辉石含量低,相对基性程度较高。

考虑到岩石蚀变严重, $\text{Rb}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Ba}$  和  $\text{U}$  等元素通常会受蛇纹石化作用的影响,另一方面, $\text{Nb}$ 、 $\text{Ta}$ 、 $\text{Th}$  和  $\text{Hf}$  的低含量会影响到分析的精度,所以选择相对含量较高的微量元素  $\text{Zr}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{Yb}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Ni}$  和  $\text{V}$  等进行讨论。

在  $\text{MgO}$  和微量元素的丰度投影图上, $\text{Cr}$ 、 $\text{Ni}$  和  $\text{MgO}$  呈正相关,而  $\text{V}$  和  $\text{MgO}$  为负相关,说明它们的变化和岩石中尖晶石和橄榄石的含量有关<sup>[4]</sup>。超基性岩的  $\text{Zr}$ 、 $\text{Y}$  和  $\text{Yb}$  的含量很低且变化区间小,说明经部分熔融后参与地幔岩岩石的不相容元素变化程度小,岩石的亏损程度高(图 9)。

库兹山超基性岩的相容元素如  $\text{Cr}$ 、 $\text{Ni}$  等含量较高, $\text{Cr}$  和  $\text{Ni}$  的含量为  $1866\times 10^{-6}\sim 3846\times 10^{-6}$  和  $1630\times 10^{-6}\sim 2370\times 10^{-6}$ (图 9),而且从图中也可以看到,超基性岩的点分布集中,侧面说明这些元素不受蚀变的影响。

超基性岩的稀土元素总含量低,平均为  $3.90\times 10^{-6}$ ,和原始地幔的含量相近。经原始地幔岩<sup>[10]</sup>标准化后,稀土元素的配分型式为 LREE 相对富集而 HREE 相对亏损的右倾型(图 10-A);轻重稀土分异较明显, $\sum \text{LREE}/\sum \text{HREE}$  比值为 3.15~16.82,  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  介于 3.04~38.39,平均为 19.83;  $(\text{Ce}/\text{Yb})_N$  介于 2.37~30.53,平均为 16.10;  $\delta \text{Eu}$  变化大,为 0.38~4.89,平均 1.49,表明岩石略显铕的正异常。

超基性岩样品 07Y-1339 具有显著的正  $\text{Eu}$  异常, $\delta \text{Eu}=4.89$ 。岩石中稀土元素  $\text{Eu}$  的富集与亏损主要取决于含钙造岩矿物的聚集和迁移。含钙的造岩矿物主要有偏基性的斜长石、磷灰石和含钙辉石。这类矿物中  $\text{Ca}^{2+}$  离子半径与  $\text{Eu}^{2+}$ 、 $\text{Eu}^{3+}$  相近,且与  $\text{Eu}^{2+}$  电价相同,故晶体化学性质决定了  $\text{Eu}$  主要以类质同相的形式进入斜长石、磷灰石、单斜辉石等造岩矿物。由表 8 中可以看到, $\text{CaO}$  的含量为 1.58%,明显大于其他同岩性岩石,说明单斜辉石含量较正常超基性岩多,造成  $\text{Eu}$  的正异常。

库兹山超基性岩的 LREE 和 HREE 的分异较大,根据蚀变矿物的特征,有可能是由于其经历了俯



表 4 新疆南天山库兹山超基性岩带辉绿岩中斜长石电子探针数据 (%)  
 Table 4 Electron microprobe analyses of plagioclase in diabase of ultrabasic rock samples  
 from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (%)

样品号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total	Ab	An	Or
07Y-1301	51.01	0.08	30.25	0.00	0.51	0.00	0.20	13.08	3.98	0.22	99.38	35.1	63.7	1.2
07Y-1301	51.61	0.12	29.50	0.01	0.43	0.00	0.11	12.48	4.71	0.14	99.19	40.3	59.0	0.8
07Y-1301	55.66	0.00	26.78	0.02	0.12	0.00	0.01	9.20	6.77	0.02	98.60	57.1	42.8	0.1
07Y-1301	53.49	0.14	29.38	0.00	0.58	0.00	0.18	12.35	4.56	0.12	100.84	39.8	59.5	0.7
07Y-1301	53.73	0.11	29.07	0.01	0.36	0.00	0.11	12.03	4.75	0.08	100.27	41.5	58.0	0.5
07Y-1301	54.17	0.13	28.05	0.00	0.47	0.04	0.20	10.25	3.96	2.38	99.71	35.4	50.6	14.0
07Y-1301	53.02	0.12	28.34	0.01	0.19	0.02	2.53	11.57	4.28	0.17	100.29	39.7	59.3	1.0
07Y-1301	53.51	0.08	28.65	0.03	1.33	0.01	1.75	9.25	3.99	1.72	100.38	39.0	50.0	11.1
07Y-1301	52.36	0.08	29.63	0.04	0.20	0.00	0.06	12.97	4.37	0.06	99.80	37.7	61.9	0.3
07Y-1301	52.06	0.13	29.06	0.00	0.31	0.00	0.12	12.04	4.92	0.04	98.71	42.4	57.4	0.2
07Y-1301	53.69	0.13	29.67	0.00	0.64	0.04	0.36	9.48	3.92	1.88	99.87	37.7	50.4	11.9
07Y-1305	50.65	0.14	29.73	0.01	0.48	0.00	0.39	13.06	4.25	0.13	98.83	36.8	62.5	0.8
07Y-1305	51.34	0.06	29.66	0.00	0.40	0.02	0.09	12.88	4.50	0.02	99.01	38.7	61.2	0.1
07Y-1305	51.47	0.16	29.41	0.04	0.30	0.00	0.11	12.35	4.93	0.05	98.84	41.8	57.9	0.3
07Y-1305	51.45	0.07	29.40	0.01	0.38	0.00	0.12	12.57	4.86	0.09	99.02	40.9	58.5	0.5
07Y-1305	52.36	0.08	30.11	0.02	0.45	0.02	0.14	13.34	3.87	0.11	100.51	34.2	65.1	0.6
07Y-1305	52.64	0.11	29.92	0.01	0.61	0.00	0.18	13.23	4.13	0.06	100.93	36.0	63.7	0.4
07Y-1305	55.80	0.11	27.60	0.00	0.47	0.00	0.11	10.69	5.63	0.06	100.48	48.7	51.0	0.3
07Y-1308	53.94	0.14	28.95	0.03	0.46	0.00	0.12	12.04	4.87	0.11	100.73	42.0	57.4	0.6
07Y-1308	53.74	0.12	29.19	0.02	0.42	0.02	0.17	12.07	4.72	0.10	100.57	41.2	58.2	0.6
07Y-1308	57.57	0.03	25.67	0.02	1.66	0.01	1.21	6.80	6.98	0.07	100.04	64.7	34.8	0.4
07Y-1308	53.55	0.12	29.23	0.00	0.52	0.02	0.14	12.47	4.69	0.07	100.80	40.4	59.3	0.4
07Y-1308	55.48	0.13	27.56	0.00	0.63	0.01	0.11	10.66	5.44	0.11	100.15	47.7	51.7	0.6
07Y-1308	55.33	0.10	27.83	0.00	0.37	0.01	0.60	11.08	5.16	0.30	100.80	44.9	53.3	1.7
07Y-1308	52.01	0.07	29.26	0.00	0.95	0.02	0.34	13.08	3.84	0.21	99.85	34.3	64.5	1.3
07Y-1309	52.87	0.08	28.35	0.03	0.62	0.01	2.95	11.38	4.24	0.15	100.70	39.9	59.2	0.9
07Y-1309	53.43	0.13	29.31	0.00	0.41	0.06	0.10	12.77	4.53	0.08	100.82	38.9	60.6	0.4
07Y-1309	52.56	0.10	28.82	0.02	0.57	0.01	0.10	11.67	4.90	0.12	98.86	42.9	56.4	0.7
07Y-1309	51.53	0.14	29.38	0.00	0.50	0.00	0.17	12.49	4.68	0.08	99.02	40.2	59.3	0.5
07Y-1309	55.11	0.17	28.32	0.00	0.52	0.03	0.12	11.15	5.34	0.10	100.90	46.2	53.3	0.6
07Y-1309	50.80	0.11	29.20	0.01	0.56	0.02	0.82	11.97	4.71	0.16	98.40	41.2	57.9	0.9
07Y-1309	53.09	0.09	29.50	0.00	0.47	0.00	0.13	13.19	4.24	0.15	100.91	36.4	62.7	0.8
07Y-1309	53.66	0.15	29.07	0.00	0.80	0.00	0.27	12.51	4.56	0.08	101.09	39.6	60.0	0.4
07Y-1309	57.25	0.04	25.78	0.00	0.10	0.01	0.04	7.97	7.38	0.01	98.64	62.6	37.4	0.1
07Y-1309	52.92	0.12	29.21	0.00	0.39	0.00	0.86	12.30	4.39	0.09	100.28	39.1	60.4	0.5
07Y-1309	51.70	0.13	29.28	0.01	0.41	0.00	0.15	12.24	4.88	0.10	98.95	41.7	57.8	0.5
07Y-1309	51.94	0.08	29.71	0.01	0.29	0.01	0.08	12.32	4.78	0.19	99.42	40.8	58.1	1.1
07Y-1311	58.70	0.03	25.00	0.00	0.20	0.00	0.22	6.67	7.89	0.06	98.77	67.9	31.7	0.3
07Y-1311	51.41	0.05	30.41	0.00	0.45	0.00	0.10	13.77	3.68	0.07	99.94	32.5	67.1	0.4
07Y-1311	51.79	0.06	29.00	0.00	0.44	0.01	0.12	11.90	4.90	0.10	98.31	42.5	57.0	0.6
07Y-1311	53.72	0.10	29.07	0.00	0.44	0.04	0.12	12.11	4.76	0.11	100.47	41.3	58.1	0.6
07Y-1311	53.55	0.13	28.95	0.00	0.43	0.03	0.14	11.93	4.88	0.13	100.25	42.2	57.1	0.7

表 5 新疆南天山库兹山超基性岩带辉长岩中单斜辉石电子探针数据 (%)

Table 5 Electron microprobe analyses of clinopyroxene in gabbro of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (%)

样品号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total	Mg#
07Y-1353	53.81	3.26	0.08	0.04	14.06	0.41	14.72	12.27	0.34	0.11	99.11	65.1
07Y-1353	64.31	3.62	0.10	0.01	10.93	0.25	11.12	8.93	0.26	0.22	99.81	64.4

表 6 新疆南天山库兹山超基性岩带辉长岩中斜长石电子探针数据 (%)

Table 6 Electron microprobe analyses of plagioclase in gabbro of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (%)

样品号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total	Ab	An	Or
07Y-1353	69.81	0.00	19.46	0.02	0.03	0.00	0.01	0.16	12.44	0.04	101.97	99.1	0.7	0.2
07Y-1353	68.26	0.00	19.69	0.02	0.07	0.02	0.12	0.37	12.08	0.06	100.68	98.1	1.6	0.3
07Y-1353	66.50	0.20	20.77	0.00	0.10	0.00	0.09	1.62	11.50	0.06	100.83	92.5	7.2	0.3
07Y-1353	68.53	0.01	20.34	0.03	0.15	0.00	0.09	0.45	12.09	0.08	101.77	97.6	2.0	0.4
07Y-1353	67.83	0.03	20.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.63	12.15	0.04	100.80	97.0	2.8	0.2
07Y-1353	67.24	0.01	20.24	0.01	0.03	0.00	0.00	1.03	11.98	0.05	100.62	95.2	4.5	0.3
07Y-1353	68.42	0.02	20.20	0.00	0.02	0.00	0.00	0.45	11.83	0.05	101.01	97.7	2.0	0.3
07Y-1353	66.21	0.00	20.23	0.00	0.24	0.00	0.03	1.76	10.89	0.07	99.45	91.4	8.2	0.4
07Y-1353	68.91	0.08	19.84	0.01	0.17	0.00	0.00	0.23	12.37	0.07	101.68	98.6	1.0	0.4
07Y-1353	68.69	0.04	20.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.69	11.56	0.05	101.14	96.5	3.2	0.3
07Y-1353	68.30	0.05	20.17	0.00	0.01	0.00	0.02	0.53	11.97	0.04	101.10	97.4	2.4	0.2
07Y-1353	67.58	0.03	20.08	0.01	0.04	0.04	0.03	1.03	11.63	0.06	100.53	95.0	4.6	0.3
07Y-1353	68.12	0.01	20.96	0.04	0.07	0.01	0.01	1.19	10.85	0.08	101.34	93.8	5.7	0.5
07Y-1353	68.06	0.00	19.51	0.03	0.02	0.00	0.02	0.14	11.98	0.09	99.88	98.9	0.7	0.5
07Y-1353	69.05	0.02	19.88	0.01	0.03	0.00	0.01	0.11	12.09	0.03	101.25	99.3	0.5	0.2
07Y-1353	68.81	0.03	20.13	0.03	0.02	0.00	0.03	0.29	12.05	0.03	101.44	98.5	1.3	0.2
07Y-1353	69.03	0.01	19.90	0.00	0.01	0.04	0.00	0.17	12.26	0.04	101.47	99.0	0.8	0.2
07Y-1353	68.68	0.02	20.21	0.02	0.03	0.02	0.03	0.50	11.84	0.05	101.39	97.4	2.3	0.3
07Y-1353	66.53	0.00	19.17	0.04	0.12	0.05	0.03	2.64	11.48	0.04	100.12	88.6	11.3	0.2
07Y-1353	67.31	0.02	18.96	0.00	0.77	0.00	0.71	0.98	11.63	0.05	100.43	95.3	4.4	0.2

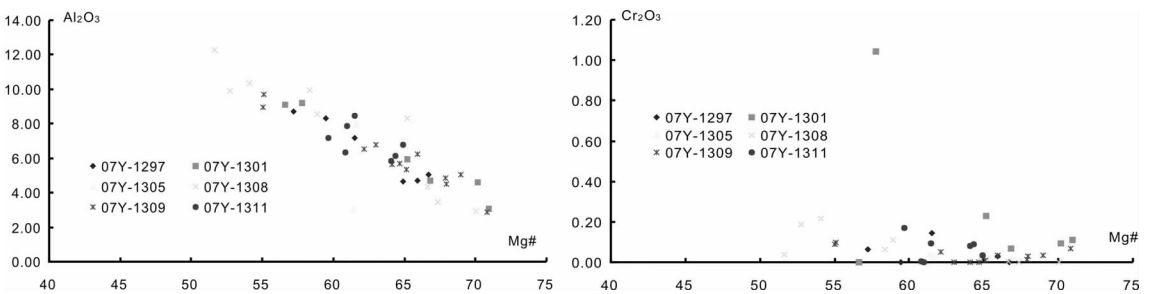


图 7 新疆南天山库兹山超基性岩带辉绿岩中单斜辉石 Mg<sup>#</sup>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(左)和 Mg<sup>#</sup>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(右)图解

Fig.7 Mg<sup>#</sup>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (left) and Mg<sup>#</sup>-Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (right) diagrams of clinopyroxene in diabase of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (Mg<sup>#</sup>=100 \* MgO/(MgO+FeO))

表 7 新疆南天山库兹山超基性岩的岩石化学成分(主量元素:%; 微量和稀土元素:10<sup>-6</sup>)  
**Table 7 Chemical composition of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (major elements: %; trace elements:10<sup>-6</sup>)**

样品号	07Y-1266	07Y-1274	07Y-1285	07Y-1288	07Y-1339	07Y-1341	07Y-1344
岩性	单辉橄榄岩	单辉橄榄岩	单辉橄榄岩	单辉橄榄岩	单辉橄榄岩	单辉橄榄岩	单辉橄榄岩
SiO <sub>2</sub>	44.750	41.970	43.320	45.610	39.010	42.580	42.100
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.510	0.230	0.220	0.340	0.240	0.340	0.280
FeO	2.420	1.810	1.800	1.980	2.070	2.690	1.810
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.250	4.560	4.400	4.260	5.190	3.970	4.610
CaO	0.200	0.160	0.130	0.130	1.580	0.210	0.100
Na <sub>2</sub> O	0.110	0.090	0.060	0.080	0.090	0.160	0.160
K <sub>2</sub> O	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
MgO	36.650	39.030	38.830	37.030	37.890	38.850	39.030
TiO <sub>2</sub>	0.010	0.010	0.010	0.010	0.040	0.030	0.030
MnO	0.100	0.070	0.060	0.090	0.060	0.080	0.100
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	9.440	11.100	10.160	9.260	11.680	11.220	11.520
CO <sub>2</sub>	0.640	0.390	0.960	1.280	2.490	0.540	0.290
Ni	2004.000	2125.000	1862.000	1630.000	2166.000	1818.000	2370.000
Cr	2479.000	3692.000	2586.000	1866.000	2073.000	3846.000	3021.000
V	30.550	22.210	21.000	24.900	14.600	20.900	18.300
Zr	1.740	0.664	9.190	12.300	1.260	15.800	0.410
Rb	0.469	0.839	0.680	0.430	0.770	0.370	0.220
Sr	15.500	16.900	6.790	9.970	27.600	8.710	5.230
Ba	4.097	2.763	6.210	5.610	4.770	21.500	17.600
Th	0.045	0.029	0.100	0.100	0.048	0.080	0.021
U	0.522	0.053	0.540	0.480	0.048	0.450	0.840
Nb	0.350	0.061	0.260	0.540	0.060	0.220	0.100
Ta	0.013	0.011	0.280	0.250	0.025	0.270	0.028
Hf	0.051	0.019	0.210	0.300	0.039	0.400	0.012
La	0.638	0.441	0.560	0.920	0.180	1.090	1.040
Ce	1.289	0.908	1.020	1.980	0.400	2.270	2.620
Pr	0.210	0.152	0.110	0.240	0.043	0.250	0.320
Nd	0.962	0.658	0.380	1.150	0.170	0.820	1.190
Sm	0.285	0.122	0.060	0.380	0.067	0.130	0.210
Eu	0.103	0.085	0.018	0.090	0.070	0.032	0.024
Gd	0.338	0.087	0.120	0.450	0.060	0.150	0.170
Tb	0.054	0.008	0.008	0.080	0.006	0.007	0.017
Dy	0.314	0.036	0.036	0.430	0.048	0.070	0.070
Ho	0.055	0.005	0.010	0.080	0.008	0.005	0.013
Er	0.154	0.012	0.021	0.190	0.032	0.018	0.036
Tm	0.023	0.001	0.003	0.024	0.006	0.002	0.005
Yb	0.146	0.008	0.016	0.130	0.027	0.018	0.028
Lu	0.022	0.001	0.003	0.019	0.005	0.003	0.004
Y	1.815	0.247	1.390	3.650	0.290	2.350	0.430



续表 7

样品原号	07Y-1308 辉绿岩	07Y-1311 辉绿岩	07Y-1315 辉绿岩	07Y-1318 辉绿岩	07Y-1330 辉绿岩	07Y-1331 辉绿岩	07Y-1349 辉长岩	07Y-1352 辉长岩
SiO <sub>2</sub>	47.640	47.810	44.640	45.280	47.040	49.460	56.670	54.750
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.410	16.510	10.310	13.600	11.890	13.390	16.400	14.970
FeO	7.890	8.070	7.360	6.140	6.360	7.380	2.940	3.830
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.280	1.830	5.101	5.107	3.022	1.809	2.733	2.214
CaO	8.330	8.190	13.030	10.280	11.620	8.710	7.990	9.100
Na <sub>2</sub> O	3.060	2.890	1.930	2.760	0.580	0.450	5.570	4.780
K <sub>2</sub> O	1.600	1.580	0.260	0.540	0.190	0.250	0.730	0.910
MgO	8.160	8.030	11.770	11.110	14.400	14.000	4.260	4.190
TiO <sub>2</sub>	2.140	2.090	3.040	2.640	0.920	0.990	0.850	0.780
MnO	0.140	0.130	0.150	0.160	0.150	0.100	0.110	0.140
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.520	0.510	0.390	0.450	0.180	0.230	0.200	0.190
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.520	1.440	1.240	1.020	2.020	1.940	0.800	1.660
CO <sub>2</sub>	0.500	0.570	0.350	0.320	0.820	0.700	1.090	2.050
Ni	86.510	93.130	324.000	237.000	607.000	526.000	110.000	102.000
Cr	182.900	199.400	820.000	635.000	1117.000	885.000	99.500	98.100
V	201.800	221.600	302.000	266.000	244.000	245.000	121.000	127.000
Zr	226.000	249.600	88.300	82.300	93.800	94.500	234.000	249.000
Rb	70.890	72.530	9.060	12.200	6.470	9.270	39.700	42.500
Sr	543.900	637.900	1022.000	1415.000	802.000	758.000	535.000	529.000
Ba	438.000	453.400	79.100	163.000	145.000	246.000	475.000	586.000
Th	2.795	2.466	0.980	1.190	2.940	3.120	9.540	10.400
U	0.934	0.650	0.340	0.360	0.440	0.440	2.830	2.970
Nb	8.403	8.469	15.800	15.000	6.380	6.190	8.300	7.710
Ta	0.525	0.506	0.690	0.660	0.380	0.380	0.620	0.610
Hf	4.677	4.582	3.250	3.020	2.630	2.530	5.650	6.070
La	21.370	21.760	40.000	40.800	13.900	13.200	28.200	26.100
Ce	46.330	48.580	100.000	99.800	30.000	28.600	56.700	52.300
Pr	7.273	7.422	13.200	13.200	3.750	3.630	7.140	6.700
Nd	31.900	31.960	54.900	55.800	15.900	15.200	28.300	26.100
Sm	6.609	6.570	9.930	10.200	3.770	3.570	6.140	5.930
Eu	2.107	2.179	3.110	3.410	1.070	1.010	1.560	1.500
Gd	7.047	7.018	6.430	6.780	3.800	3.570	6.010	5.720
Tb	1.007	1.002	0.900	0.940	0.630	0.610	1.050	1.010
Dy	6.105	5.997	3.960	4.190	3.910	3.760	6.140	6.000
Ho	1.178	1.138	0.650	0.660	0.790	0.790	1.210	1.170
Er	3.303	3.192	1.680	1.710	2.280	2.280	3.410	3.350
Tm	0.451	0.444	0.190	0.210	0.350	0.320	0.500	0.490
Yb	2.941	2.873	1.250	1.200	2.140	2.200	3.110	3.110
Lu	0.411	0.405	0.180	0.170	0.330	0.320	0.460	0.450
Y	32.410	34.380	25.600	25.800	26.200	28.700	46.200	44.900

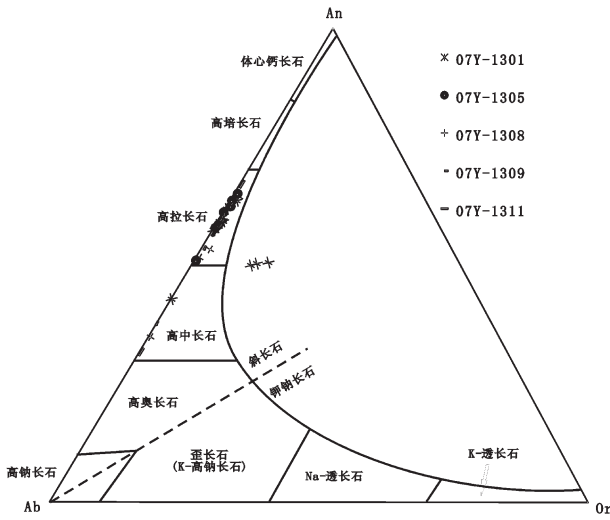


图8 新疆南天山库兹山超基性岩带辉绿岩中长石牌号图解  
Fig.8 Diagrams of plagioclase in diabase of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan

冲洋壳流体的改造的原因,并非一定受到早期地幔交代作用的影响<sup>[7]</sup>。

在超基性岩微量元素原始地幔标准化分布图上(图 11-A),库兹山超基性岩呈一种右倾的形式,即 LILE 较富集;伴随着库兹山超基性岩 U 的强烈正异常,其 HFSE 的 Nb、Zr 和 Hf 等元素有明显负异常,除了说明其来源于亏损地幔源区外,还说明其有可能经历不同程度的俯冲带的流体作用。

### 4.2 辉绿岩

库兹山辉绿岩 SiO<sub>2</sub> 含量为 45.56%~51.11%,TiO<sub>2</sub> 含量为 1%~3%,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量 11%~17%,K<sub>2</sub>O 含量 0.20%~1.63%,并且 K<sub>2</sub>O<Na<sub>2</sub>O。MgO 含量为 8%~15%,不相容元素 Y、Zr 和 Nb 等的丰度较高。

库兹山辉绿岩的稀土元素原始地幔标准化图为 LREE 富集型(图 10-B)。辉绿岩的稀土元素总量较高,平均达 152.6×10<sup>-6</sup>;轻重稀土分异明显,∑LREE/

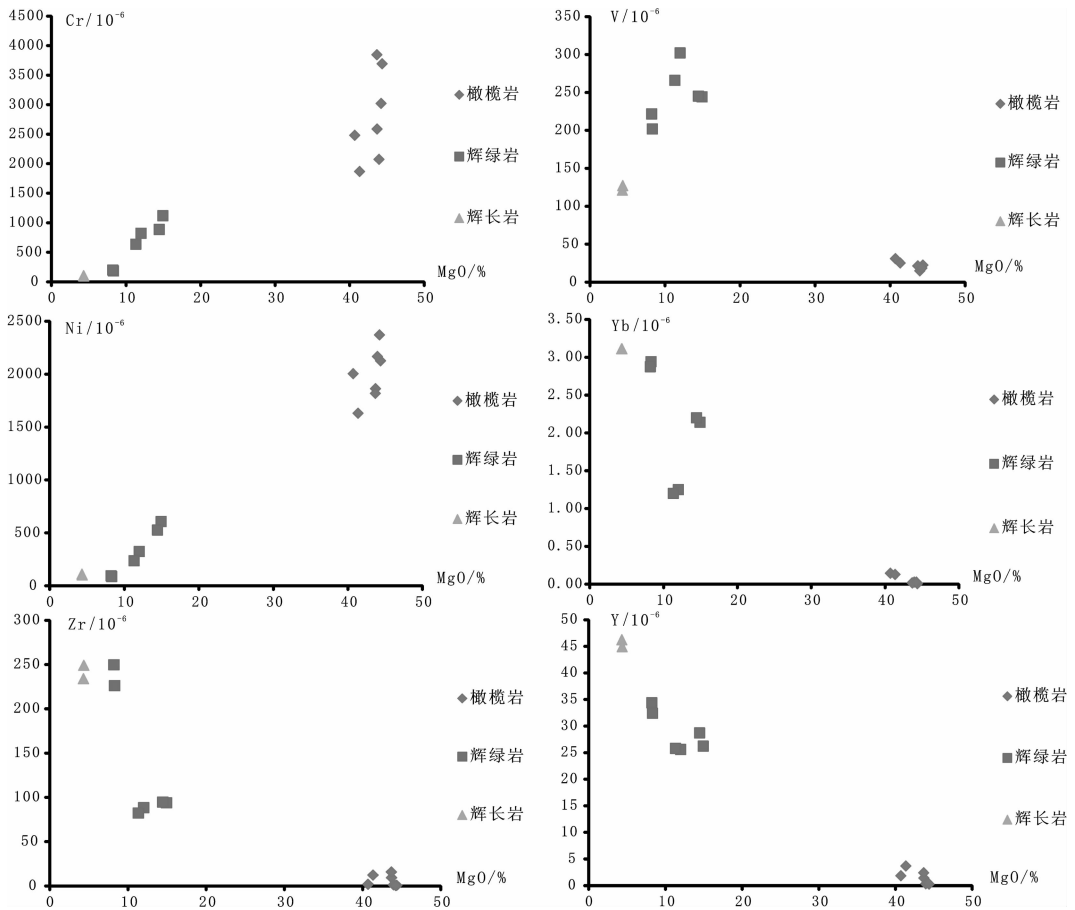


图9 新疆南天山库兹山超基性岩的成分特征  
Fig.9 MgO versus V, Ni, Cr, Zr, Y and Yb diagrams of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang

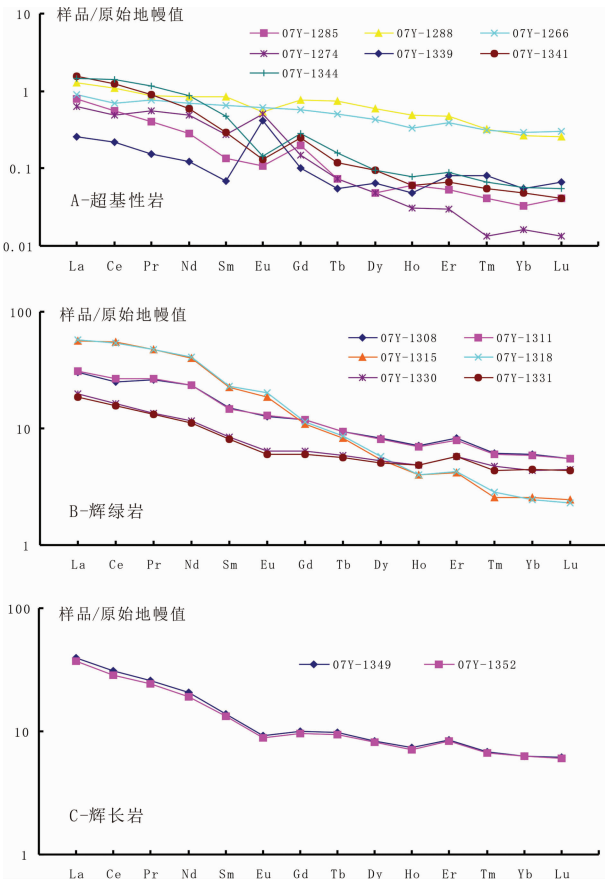


图 10 原始地幔标准化的 REE 分布图

Fig.10 Primitive mantle-normalized REE patterns of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang

$\sum$ HREE 比值,在 4.71~14.51 的范围内大幅度波动;岩石  $(La/Yb)_N$  介于 4.18~23.68, 平均为 10.83;  $(Ce/Yb)_N$  介于 3.50~22.37, 平均为 9.99;  $\delta Eu$  值变化于 0.86~1.18, 平均为 0.99, 没有 Eu 异常, 样品均具有相似的原始地幔标准化的 REE 模式。

### 4.3 辉长岩

库兹山辉长岩的稀土元素含量总量较高, 平均达到  $144.9 \times 10^{-6}$ ; 原始地幔标准化配分型式为轻稀土元素富集、重稀土元素相对亏损的右倾型(图 10-C); 轻重稀土分异明显,  $\sum$ LREE/ $\sum$ HREE 比值分别为 5.85 和 5.57; 岩石  $(La/Yb)_N$  为 5.84 和 6.31, 平均为 6.08;  $(Ce/Yb)_N$  为 4.90 和 4.52, 平均为 4.72;  $\delta Eu$  值平均为 0.78, 呈 Eu 负异常。两个样品的曲线走向趋势几乎重叠, 说明其来源相同。

总的说来, 研究区的库兹山基性超基性岩中单辉橄榄岩的  $SiO_2$  含量为 45.26%~50.93%,  $MgO$  含量

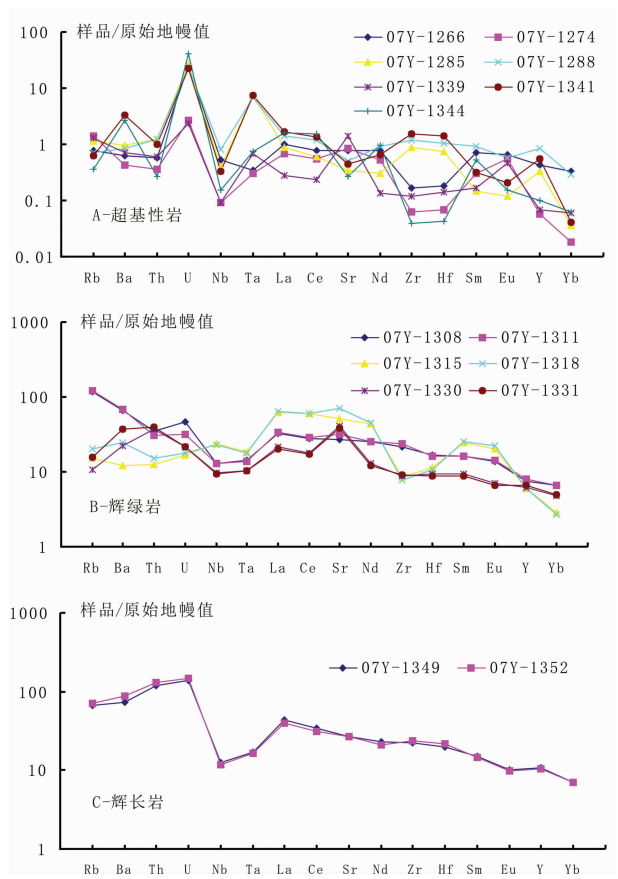


图 11 原始地幔标准化的微量元素分布图

Fig.11 Primitive mantle normalized trace elements spidergrams of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang

变化于 40.71%~44.38%, 岩石中的橄榄石镁高 ( $Fo=93\sim96$ ); 尖晶石为高铁型; 稀土微量均为轻稀土富集型, 认为是岩浆侵入体。辉绿岩和辉长岩显示了岩石  $K_2O$  高达  $>1\%$  和  $TiO_2$  高达  $>3\%$  的特征, 并且具 LILE 相对 HFSE 明显富集的球粒陨石标准化模型, 该特征不同于蛇绿岩洋壳的特征, 认为它们也是造山带中的侵入体。

## 5 年代学研究

利用锆石 SHRIMP U-Pb 法和 LA-ICP-MS 法对南天山东缘的库兹山辉长岩进行了定年研究, 其中前者是在北京离子探针中心 SHRIMP II 离子探针质谱仪上完成, 后者在中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室完成。

用于定年的两个样品分别是单辉橄榄岩 (07Y-1290) 和辉绿岩 (07Y-1312)。经常规分选方法, 在两



个样品(07Y-1290、07Y-1312)中分别挑出 15 粒和 20 粒锆石, 样品 07Y-1290 采用了 SHRIMP 定年, 样品 07Y-1312 采用 LA-ICP-MS 定年。

两个样品中的锆石粒径多数小于  $100\ \mu\text{m}$ , 大多呈半自形晶体, 并具有岩浆锆石的环带结构(图 12)。阴极发光图像显示两个样品中锆石特征相近, 大多数锆石都具有核-幔双层结构。内核通常为保留直线型岩浆结晶振荡环结构痕迹的细小锆石(通常小于  $20\ \mu\text{m}$ ); 幔部为锆石的主体, 多具有岩浆锆石常见的环带结构。

锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分析结果见表 8, LA-ICP-MS 锆石年龄分析结果见表 9。

在样品 07Y-1290 中, 15 个分析点的 Th/U 比值为  $0.33\sim 0.85$ , Th、U 含量之间具有较好的正相关关系, 显示岩浆锆石特征。 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}-^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  投点均落在谐和线上或其附近(图 13),  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  介于  $(301\sim 953)\ \text{Ma}$ 。位于锆石残留核位置的 2 个分析点(8、11)给出较老的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄(953、880Ma 左右); 而大部分位于清晰振荡环带上的分析点给出的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄相对集中, 其中 8 个分析点分别在 U-Pb 谐和图上绘出  $(346\pm 7)\ \text{Ma}$  和  $(317\pm 4)\ \text{Ma}$  的年龄(图 13)。后两个年龄可能代表岩石的岩浆结

晶年龄, 由于锆石样品少, 获得的数据有限, 取其加权平均值  $331.5\ \text{Ma}$ , 作为单辉橄榄岩的岩浆结晶年龄。较老的锆石年龄, 认为是岩浆侵位过程中所捕获的锆石的年龄。

在样品 07Y-1312 中, 所有分析点的 Th/U 比值为  $0.29\sim 0.92$ , Th、U 含量之间具有较好的正相关关系, 显示岩浆锆石特征。 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}-^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  投点均落在谐和线上或其附近(图 14),  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄介于  $206\sim 403\ \text{Ma}$ 。大部分位于清晰振荡环带上的分析点给出的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄相对集中, 其中 15 个分析点的  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄加权平均值为  $(286.5\pm 4)\ \text{Ma}$ (图 14)。该年龄可能代表岩石的岩浆结晶年龄, 略晚于超基性岩的岩浆结晶年龄。

## 6 初步结论

库兹山研究区基性超基性岩出露少, 岩石风化严重, 保存较差, 使得样品的数量和质量均受到制约。但鉴于该区对南天山的构造认识十分重要, 前人研究程度低, 笔者研究所取得的数据相对显得十分宝贵。因此虽然认识和结论都是初步的, 但可以提供一些数据供讨论。

本次研究获得了下面几点认识:

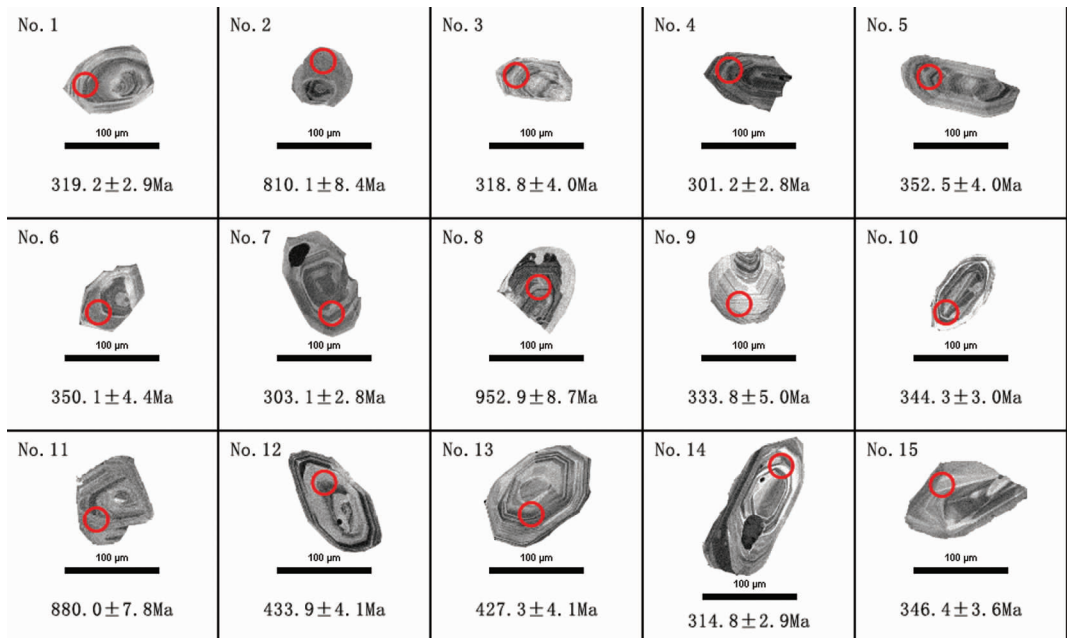


图 12 新疆南天山库兹山超基性岩带单辉橄榄岩 07Y-1290 锆石 CL 图

Fig.12 Cathodoluminescence images of zircons in gabbro of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (sample 07Y-1290)

表 8 新疆南天山库兹山单辉橄橄榄岩 (07Y-1290) 锆石 SHRIMP U-Pb 离子探针分析结果  
 Table 8 Data of SHRIMP U-Pb dating of selected zircons in ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (sample 07Y-1290)

点号	Pb/ $10^{-6}$	U/ $10^{-6}$	Th/ $10^{-6}$	Th/U	普通	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
					$^{206}\text{Pb}/\%$	$\pm/\%$	$\pm/\%$	年龄/Ma			
07Y-1290.1.1	12.8	292	195	0.69	0.48	0.0507	1.0	0.3423	2.8	319.1	$\pm 2.9$
07Y-1290.2.1	14.5	126	41	0.33	0.53	0.1339	1.1	1.1330	3.2	810.1	$\pm 8.4$
07Y-1290.3.1	7.21	163	109	0.69	1.66	0.0507	1.3	0.3030	9.8	318.8	$\pm 4.0$
07Y-1290.4.1	14.3	349	213	0.63	0.09	0.0478	0.9	0.3412	2.3	301.2	$\pm 2.8$
07Y-1290.5.1	8.96	184	150	0.85	1.11	0.0562	1.2	0.3950	7.4	352.5	$\pm 4.0$
07Y-1290.6.1	12.1	252	160	0.66	0.41	0.0558	1.3	0.3900	5.2	350.1	$\pm 4.4$
07Y-1290.7.1	16.6	398	282	0.73	0.61	0.0481	0.9	0.3390	3.8	303.1	$\pm 2.8$
07Y-1290.8.1	27.8	203	124	0.63	0.08	0.1593	1.0	1.5530	1.8	952.9	$\pm 8.7$
07Y-1290.9.1	5.51	121	68	0.58	--	0.0532	1.6	0.4110	4.1	333.8	$\pm 5.0$
07Y-1290.10.1	17.3	365	183	0.52	0.19	0.0549	0.9	0.3907	2.5	344.3	$\pm 3.0$
07Y-1290.11.1	26.8	213	77	0.37	0.05	0.1463	1.0	1.4020	1.5	880.0	$\pm 7.8$
07Y-1290.12.1	13.4	223	166	0.77	0.27	0.0696	1.0	0.5230	2.3	433.9	$\pm 4.1$
07Y-1290.13.1	11.6	197	140	0.73	0.64	0.0685	10.0	0.5250	4.5	427.3	$\pm 4.1$
07Y-1290.14.1	10.2	236	154	0.68	0.51	0.0500	1.0	0.3410	3.7	314.8	$\pm 2.9$
07Y-1290.15.1	8.02	169	109	0.67	0.36	0.0552	1.1	0.3790	5.6	346.4	$\pm 3.6$

注:普通  $^{206}\text{Pb}(\%)$ 指普通铅中的  $^{206}\text{Pb}$  占全铅  $^{206}\text{Pb}$  的百分数;表中所有误差为  $1\sigma$ 。

表 9 新疆南天山库兹山辉绿岩 (07Y-1312) 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 分析结果  
 Table 9 Data of LA-MC-ICPMS U-Pb dating of selected zircons in ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (sample 07Y-1312)

点号	Pb	U	Th	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
	/ $10^{-6}$	/ $10^{-6}$	/ $10^{-6}$		年龄/Ma	年龄/Ma						
07Y-1312-1.1	14.1	216	174	0.81	0.30705	0.00297	0.04318	0.00039	271.9	2.3	272.5	2.4
07Y-1312.2.1	13.2	201	138	0.69	0.33504	0.00423	0.04607	0.00035	293.4	3.2	290.4	2.2
07Y-1312.3.1	39.9	845	436	0.52	0.33862	0.00230	0.04658	0.00026	296.1	1.7	293.5	1.6
07Y-1312.4.1	24.5	340	321	0.94	0.32389	0.00312	0.04500	0.00029	284.9	2.4	283.8	1.8
07Y-1312.5.1	7.2	99	80	0.80	0.35125	0.00626	0.04649	0.00038	305.7	4.7	292.9	2.3
07Y-1312.6.1	19.3	296	237	0.80	0.30568	0.00310	0.04297	0.00043	270.8	2.4	271.2	2.7
07Y-1312.7.1	31.4	651	388	0.60	0.29241	0.00242	0.04124	0.00030	260.5	1.9	260.5	1.8
07Y-1312.8.1	8.6	107	31	0.29	0.48308	0.00518	0.06347	0.00056	400.2	3.5	396.7	3.4
07Y-1312.9.1	21.3	295	244	0.82	0.40395	0.00554	0.04610	0.00038	344.5	4.0	290.5	2.3
07Y-1312.11.1	9.8	129	93	0.72	0.29645	0.00323	0.04186	0.00039	263.6	2.5	264.3	2.4
07Y-1312.12.1	40.3	637	580	0.91	0.34171	0.00291	0.04400	0.00027	298.5	2.2	277.6	1.7
07Y-1312.13.1	23.5	401	250	0.62	0.34538	0.00348	0.04682	0.00040	301.2	2.6	295.0	2.5
07Y-1312.14.1	9.6	149	70	0.47	0.34420	0.00372	0.04692	0.00037	300.3	2.8	295.6	2.3
07Y-1312.15.1	36.4	550	508	0.92	0.32698	0.00218	0.04521	0.00027	287.3	1.7	285.1	1.7
07Y-1312.16.1	17.8	327	202	0.62	0.33623	0.00256	0.04674	0.00033	294.3	1.9	294.5	2.0
07Y-1312.17.1	22.6	424	244	0.57	0.33041	0.00515	0.04504	0.00053	289.9	3.9	284.0	3.3
07Y-1312.18.1	22.7	503	238	0.47	0.32529	0.00258	0.04515	0.00033	286.0	2.0	284.7	2.0
07Y-1312.19.1	19.2	328	227	0.69	0.32617	0.00291	0.04515	0.00030	286.6	2.2	284.6	1.9
07Y-1312.20.1	15.2	181	108	0.60	0.49061	0.00484	0.06452	0.00058	405.3	3.3	403.1	3.5

注:表中所有误差为  $1R$ 。

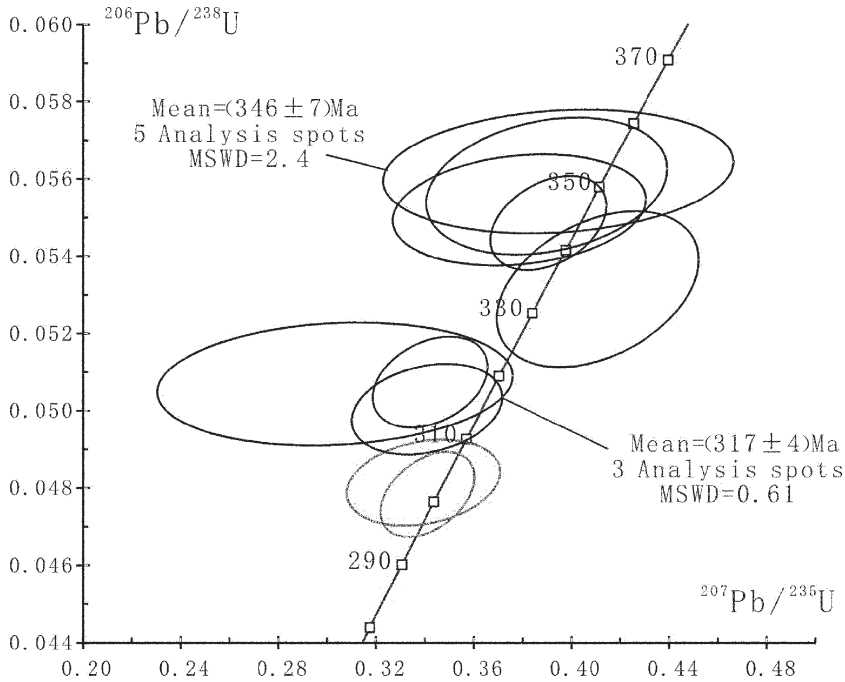


图 13 库兹山单辉橄榄岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

Fig.13 Concordia curves of zircons SHRIMP U-Pb data for gabbro of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (sample 07Y-1290)

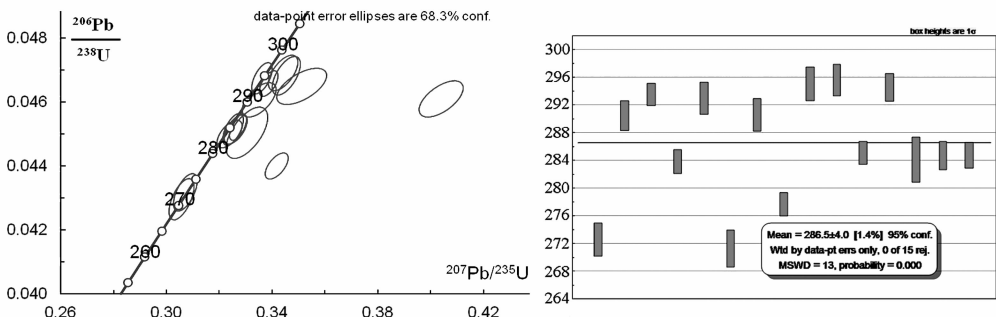


图 14 新疆南天山库兹山超基性岩带辉绿岩 07Y-1312 U-Pb 年龄

Fig.14 Concordia curves of zircons U-Pb data for gabbro of ultrabasic rock samples from the Kuzi Mountain, Southern Tianshan, Xinjiang (sample 07Y-1312)

(1)确立和厘定了库兹山超基性岩和基性岩的岩石组合,主要由单辉橄榄岩、辉绿岩和辉长岩组成。

(2)单辉橄榄岩 SiO<sub>2</sub> 的含量为 45.26%~50.93%, MgO 含量为 40.71%~44.38%, 岩石中的橄榄石镁高 (Fo=93~96); 尖晶石为高铁型, 认为是岩浆侵入体, 岩浆结晶时代为石炭纪 (331.5Ma), 属造山带中的阿拉斯加型超基性岩类型。

(3)辉绿岩和辉长岩的成分显示岩石 K<sub>2</sub>O 含量

高达>1%和 TiO<sub>2</sub> 高达>3%的特征, 并且具 LILE 相对 HFSE 明显富集的球粒陨石标准化模型, 该特征不同于蛇绿岩洋壳的特征, 认为它们与超基性岩同属造山带中的侵入体, 形成于南天山的造山阶段。年代学研究表明该岩浆事件可以由石炭纪延续到二叠纪 (286.5 Ma)。

(4)最近发表的南天山地区榆树沟和铜花山蛇绿岩洋盆的时代为 440 Ma, 但洋盆俯冲关闭碰撞后



的岩浆事件也延续到了二叠纪<sup>[5]</sup>,与本区的岩浆事件相一致,但两者区域上能否对比,值得研究。

**感谢:**东华理工大学核资源与环境教育部重点实验室的刘成东教授协助完成电子探针分析,澳大利亚 Curtin 理工大学高旻在 SHRIMP 测试方面提供帮助,北京离子探针中心的石玉若和周丽萍协助远程实验和数据处理,矿产资源研究所侯可君协助锆石 LA-ICP-MS 测年,张泽明研究员和吴才来研究员两位审稿人对本文提出了很好的修改意见,对他们们的热心帮助和辛勤付出表示衷心感谢。

### 参考文献(References):

- [1] 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 等. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京:地质出版社, 1992:1-169.  
Xiao Xuchang, Tang Yaoqing, Feng Yimin, et al. Tectonic Evolution of Northern Xinjiang and Its Adjacent Regions [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1992:1-169(in Chinese).
- [2] 张旗, 周国庆. 中国蛇绿岩[M]. 北京:科学出版社, 2001:1-182.  
Zhang Qi, Zhou Guoqing. Ophiolite in China [M]. Beijing: Science Press, 2001:1-182(in Chinese).
- [3] 李日俊, 杨海军, 赵岩, 等. 南天山区域大地构造与演化 [J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(1):94-104.  
Li Yuejun, Yang Haijun, Zhao Yan, et al. Tectonic framework and evolution of South Tianshan, NW China [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2009, 33(1):94-104(in Chinese with English abstract).
- [4] 王作勋, 郭继易, 吕喜朝, 等. 中国天山板块构造 [J]. 石家庄经济学院学报, 1989, 12(1):54-68.  
Wang Zuoxun, Wu Jiayi, Lv Xichao, et al. The plate tectonics of tianshan in China [J]. Journal of Shijiazhuang University of Economics, 1989, 12(1):54-68(in Chinese with English abstract).
- [5] 杨经绥, 徐向珍, 李天福, 等. 新疆中天山南缘库米什地区蛇绿岩的锆石 U-Pb 同位素定年: 早古生代洋盆的证据 [J]. 岩石学报, 2011, 27(1):77-95.  
Yang Jingsui, Xu Xiangzhen, Li Tianfu, et al. U-Pb ages of zircons from ophiolite and related rocks in the Kumishi region at the southern margin of middle Tianshan, Xinjiang: evidence of early Paleozoic oceanic basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(1):77-95(in Chinese with English abstract).
- [6] 徐向珍, 杨经绥, 郭国林, 等. 新疆天山库米什地区榆树沟-铜花山蛇绿岩特征和构造背景[J]. 岩石学报, 2011, 27(1): 96-120.  
Xu Xiangzhen, Yang Jingsui, Guo Guolin, et al. The Yushugou-Tonghuashan ophiolites in Tianshan, Xinjiang, and their tectonic setting[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(1):96-120(in Chinese with English abstract).
- [7] 吴文奎, 姜常义, 杨复, 等. 南天山榆树沟-铜花山构造混杂体雏形[J]. 长安大学学报(地球科学版), 1992, 14(1):8-13.  
Wu Wenku, Jiang Changyi, Yang Fu, et al. The Yushugou-Tonghuashan structural mixite in Xinjiang [J]. Journal of Chang'an University (Earth Science Edition), 1992, 14(1):8-13(in Chinese with English abstract).
- [8] 郭召杰, 马瑞士, 郭令智, 等. 新疆东部三条蛇绿混杂岩带的比较研究[J]. 地质论评, 1993, 39(3):236-247.  
Guo Zhaojie, Ma Ruishi, Guo Lingzhi, et al. A comparative study on three ophiolitic melange belts in Eastern Xinjiang [J]. Geological Review, 1993, 39(3):236-247(in Chinese with English abstract).
- [9] 刘树文, 郭召杰, 张志诚, 等. 中天山东段前寒武纪变质地块的性质:地质年代学和钨同位素地球化学的约束[J]. 中国科学(D 辑), 2004, 34 (5):395-403.  
Liu Shuwen, Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, et al. Science in China, (Ser. D), 2004, 34 (5):395-403(in Chinese).
- [10] Coleman R G. Ophiolites: Ancient Oceanic Lithosphere? [M] Springer, Berlin, 1977:229.
- [11] Loney R A, Himmelberg G R. Petrogenesis of the Pd-rich intrusion at Salt Chuck, Prince of Wales Island:an early Paleozoic Alaskan-type ultramafic body [J]. Canadian Mineralogist, 1992,30: 1005-1022.
- [12] Watkinson D H, Melling D R. Hydrothermal origin of platinum-group mineralization in low-temperature copper sulfide-rich assemblages, Salt Chuck intrusion, Alaska [J]. Economic Geology, 1992, 87:175-184.
- [13] Himmelberg G R, Loney R A. Characteristics and petrogenesis of Alaskan-type ultramafic-mafic intrusions, Southeastern Alaska. 1995, United States Government Printing Office, Washington.
- [14] Henry J B Dick, Thomas Bullen. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas [J]. Contribution to Mineralogy Petrology, 1984, 86:54-76.
- [15] Qasim Jan M, Windley Brian F. Chromian spinel-silicate chemistry in ultramafic rocks of the Jijal Complex, Northwest Pakistan [J]. Jour. Petrol., 1990, 31:667-715.
- [16] McDonough W F, Sun S S, Ringwood A E, et al. Potassium, rubidium, and cesium in the Earth and Moon and the evolution of the mantle of the Earth [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1992, 56(3):1001-1012.
- [17] 杨经绥, 史仁灯, 吴才来, 等. 北阿尔金地区米兰红柳沟蛇绿岩的岩石学特征和 SHRIMP 定年 [J]. 岩石学报, 2008, 24(7): 1567-1584.  
Yang Jingsui, Shi Rendeng, Wu Cailai, et al. Petrology and SHRIMP age of the Hongliugou ophiolite at Milan, north Altun, at the northern margin of the Tibetan plateau [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(7): 1567-1584(in Chinese with English abstract).

## Characteristics and genesis of ultrabasic and basic rocks in the Kuzi Mountain on the eastern margin of Southern Tianshan, Xinjiang

LI Jin-yang<sup>1</sup>, YANG Jing-sui<sup>1</sup>, XU Xiang-zhen<sup>1</sup>, GUO Guo-lin<sup>2</sup>, CHEN Song-yong<sup>1</sup>,  
LI Tian-fu<sup>1</sup>, REN Yu-feng<sup>1</sup>, ZUO Guo-chao<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory for Continental Tectonic and Dynamics, Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037, China; 2. East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, Jiangxi, China; 3. Gansu Geological Survey, Lanzhou 730000, Gansu, China)

**Abstract:** Researches on the ultrabasic and basic rock belt in the Kuzi Mountain on the eastern margin of eastern Southern Tianshan in Xinjiang have been very insufficient; however, the genesis and the formation of the geological setting of this rock belt is of important significance for the tectonic framework of Southern Tianshan. This belt consists of wehrlite, diabase and gabbro. The olivines in wehrlite are forsterite, whose Fo is about 93–96; the accessory mineral chrome spinel has  $Cr^{\#} = Cr / (Cr + Al) \times 100$  values of 75.6–98.8 and  $Mg^{\#} = Mg / (Mg + Fe) \times 100$  values of 1.8–41.4, suggesting a high chromium, low magnesium and Alaskan-type complexes in the orogenic belt. The pyroxenes in diabase are augites, whose  $Mg^{\#} = Mg / (Mg + Fe) \times 100$  values show a continuous trend of evolution in decreasing order, reflecting differentiation of magma; The feldspars are composed of labradorite and andesine. The pyroxenes in gabbro are augites, the Ab values of feldspars are above 95, indicating albite. The values of  $K_2O$  and  $TiO_2$  are high, and LILE content is obviously higher than HFSE content. It is considered that they are intrusions of the same orogenic belt as the wehrlite. Isotopic chronology suggests that the magmatic event might have continued from Carboniferous to Permian (331–286 Ma).

**Key words:** ultrabasic rock; basic rock; Kuzi Mountain; Tianshan Mountain

---

**About the first author:** LI Jin-yang, male, born in 1982, doctor candidate, engages in the study of mineralogy and petrology; E-mail: lly2815@126.com.